

## Estudo da pré-reticulação combinada de cátions no comportamento termossensível de tintas à base de alginato para bioimpressão

**Kaline do Nascimento Ferreira**  
**Juliana Kelmy Macário Barboza Daguano**

Marcos Antonio Sabino Gutiérrez  
kaline.ferreira@cti.gov.br

### INTRODUÇÃO

Embora a reticulação do alginato (AS) com cátions divalentes tenha sido extensivamente estudada nos últimos anos, ainda existem numerosos aspectos que requerem investigação, em relação ao seu potencial para a técnica inovadora de biofabricação. Mais recentemente, o foco na preparação hidrogéis mudou para o desenvolvimento de biotintas, que são hidrogéis carregados com células que podem mimetizar a matriz extracelular [1]. No entanto, a sua resistência mecânica limitada e o baixo potencial angiogênico podem restringir suas aplicações [2]. Nesse estudo é apresentado o desenvolvimento de formulações à base de alginato utilizando reticulação iônica com  $\text{Ca}^{2+}$  (231 pm),  $\text{Co}^{2+}$  (126 pm), e  $\text{Zn}^{2+}$  (139 pm) (Figura 1), e a posterior inserção da gelatina (Gel), como uma fase dispersa bioativa. As tintas foram geradas e caracterizadas com sucesso, e observou-se que diferentes proporções de íons podem conferir características e propriedades essenciais para a bioimpressão por extrusão 3D. As amostras liofilizadas foram observadas por FTIR e demonstraram interação química dos materiais, enquanto a presença de Gel forneceu propriedades termossensíveis, interessantes para biotintas e aplicações como a bioimpressão 4D.

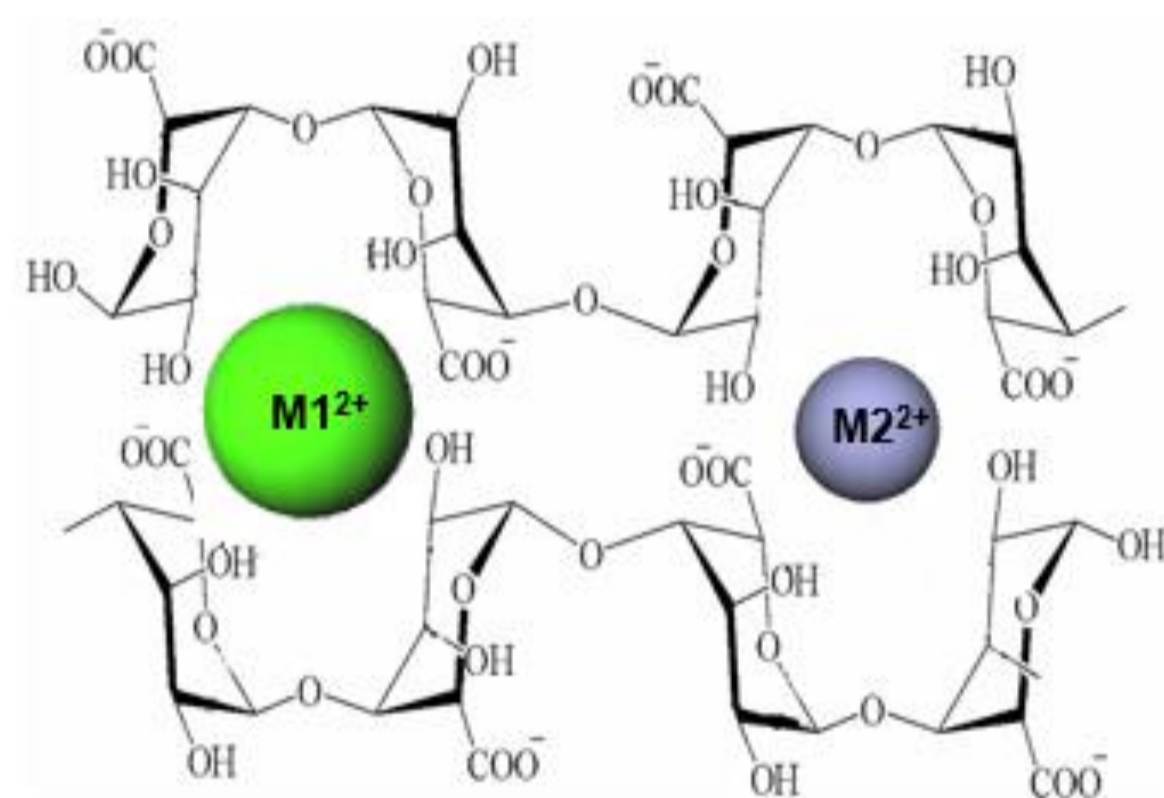
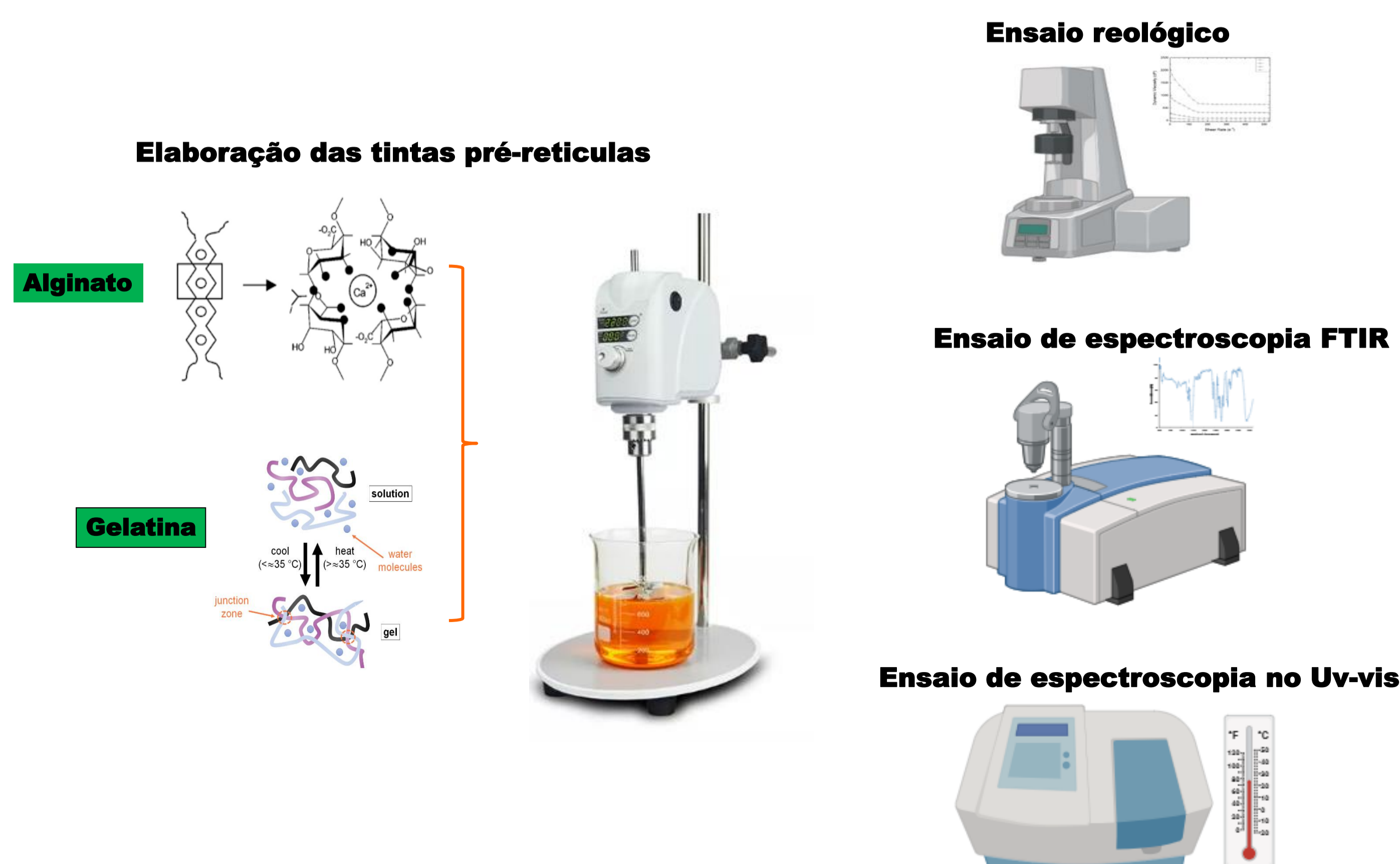


Figura 1: Reticulação do alginato de sódio com dois cátions divalentes.

### OBJETIVO

O presente projeto teve por finalidade preparar tintas de AS pré-reticuladas com misturas de cátions divalentes e posterior inserção de Gel. Caracterizar suas propriedades reológicas, as suas interações químicas por FTIR e identificar o caráter responsivo e inteligente nas tintas, promovido pela temperatura.

### MÉTODOS



### RESULTADOS

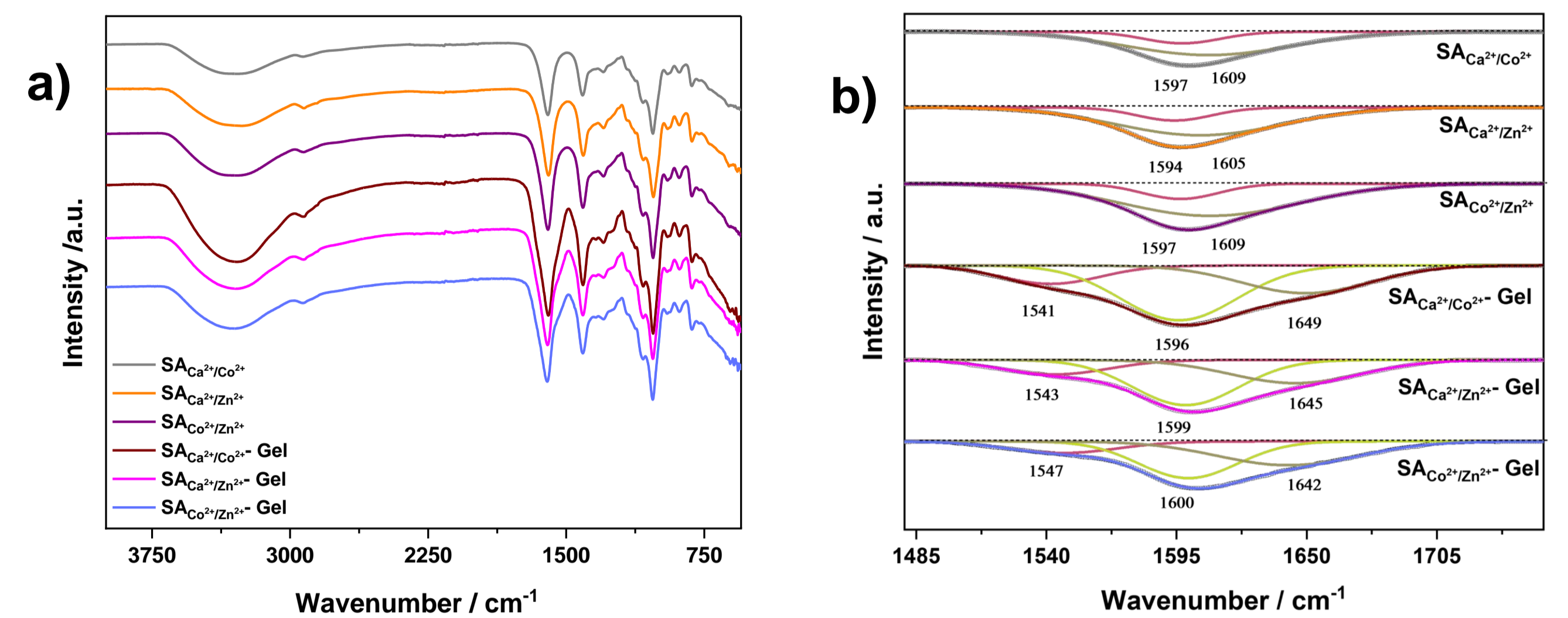


Figura 2: Espectros FTIR: (a) hidrogéis pré-reticulados com mistura de íons divalentes, (b) deconvolução do grupo  $\text{COO}^-$  por três componentes gaussianas para os hidrogéis pré-reticulados por mistura de íons divalentes.

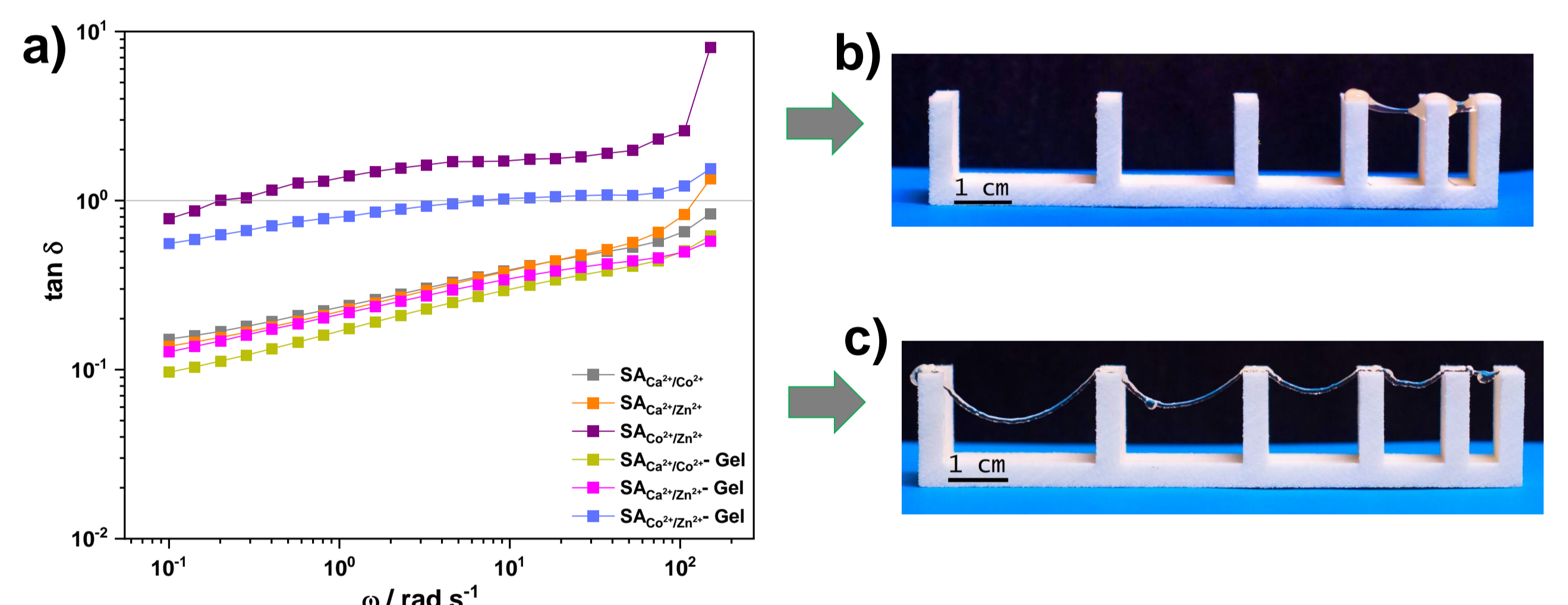


Figura 3: (a) Fator de amortecimento ( $\tan(\delta)$ ) em função da frequência angular ( $\omega$ ), teste de deformação do filamento após 30 s: (b)  $\text{SA}_{\text{Co}^{+2}/\text{Zn}^{+2}}$  e (c)  $\text{SA}_{\text{Ca}^{+2}/\text{Co}^{+2}}$ .

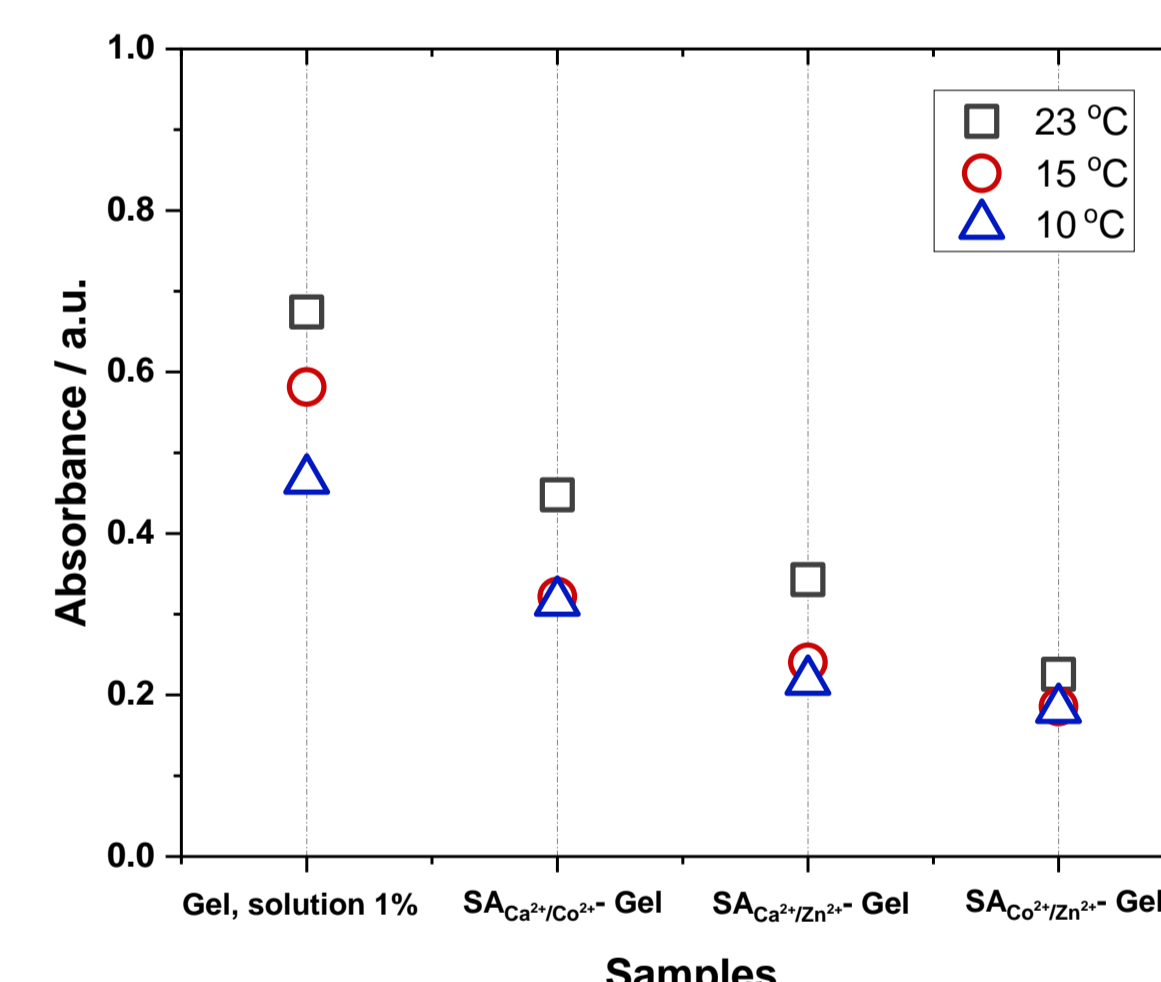


Figura 4: Respostas termossensíveis inteligentes dos hidrogéis com a gelatina.

### CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou novas possibilidades para hidrogéis de alginato pré-reticulados com cátions divalentes ao conferir diferentes comportamentos reológicos. A mistura de íons essenciais apresenta-se como um recurso inovador em tintas e biotintas, abrindo um leque de possibilidades de incorporação de outras moléculas e biomoléculas nas geometrias tridimensionais impressas, pois essas tintas poderiam fornecer íons essenciais (como  $\text{Zn}^{+2}$  e  $\text{Co}^{+2}$ ) ao microambiente celular. As tintas com gelatina apresentam comportamento termossensível, contribuindo para a criação de estruturas tridimensionais inteligentes 3D/4D aplicáveis à Engenharia Tecidual.

### REFERÊNCIAS

- [1] Fontes, A. B., & Marcomini, R. F. The Journal of Engineering and Exact Sciences,, 6(5), (2020).  
[2] Rastogi, P. and Kandasubramanian, B. Biofabrication, vol. 11, pages 2 – 39, (2019).